

明細書

電動機

5 技術分野

この発明は、回転子鉄心の内部に複数個の永久磁石を埋設してなる電動機に関し、特に、静音化が要求される用途に好適な電動機に関する。

背景技術

10 従来から、電動機の静音化が検討されているが、主に、コギングトルク等回転子位置による回転方向の吸引力の変化に着目して静音化を達成しようとする技術が多かった。

例えば、特開平10-201147号公報、特開平11-98731号公報、
特開2000-69695号公報は、いずれも、コギングトルクの低減を意図
15 したものである。

特開平10-201147号公報は、第1図に示すように、回転子鉄心の内部に埋設される2層の永久磁石の周方向対象位置を特定の数式に当てはまる関係とすることにより、コギングトルクを低減し、低振動、低騒音の電動機を実現するものである。

20 しかし、特開平10-201147号公報はコギングトルクに着目してい

るため、コギングトルクの周期により数式が異なり、特に、集中巻等の場合、第1図における θ の値は大きくなり、回転子外周側に配置された永久磁石を大きくできないという欠点を有していた。

さらに、極毎に磁極の開き角度が異なるため、回転力にアンバランスが生じ、また、誘起電圧波形も対称形状ではなくなることに、他の原因による騒音増加や位置検出の精度への影響等、種々の弊害が予想される。

特開平11-98731号公報は、第2図に示すように、極毎に、磁極の開き角度を変化させることにより、コギングトルクを低減しようとするものである。

10 しかし、磁極の開き角度が異なるため、回転力にアンバランスが生じ、また、誘起電圧波形も対称形状ではなくなることに、他の原因による騒音増加や位置検出の精度への影響等、種々の弊害が予想される。

特開2000-69695号公報は、第3図に示すように、永久磁石埋設用打ち抜き穴の形状は同一で、永久磁石の端面に接するように設けられた長
15 穴部の形状を変化させたものである。これは、擬似的にスキューを施したものであり、コギングトルクの低減の効果を意図したものである。

しかし、軸方向に異なる回転子鉄心を積層するということは、金型が複雑化し、また、軸方向に力が発生するため、スラスト振動を誘起する可能性もあった。さらに、磁極の開き角度が極めて狭い極が存在することによる弊
20 害も無視できない。例えば、磁束密度集中による鉄損の増大や、着磁の際十

分な磁束が永久磁石の端部にまで行きわたらない等の問題が考えられる。

また、これらの技術は、すべてコギングトルクに着目したものであるが、電動機を運転した場合、特に、負荷が大きい場合においては、コギングトルクはある値以下に抑えておけば、影響は少なく、むしろ、誘起電圧の高調波成分の影響が大きくなる。特に、希土類磁石のような磁力の強い永久磁石を用いた場合は、誘起電圧波形の高調波の影響を大きく受けることが分かっている。

特開 2 0 0 2 - 4 4 8 8 8 号公報は、上記課題のうち、磁極の開き角度が極めて狭い極が存在する、という課題を解決し得るものである。具体的には、第 4 図に示すように、永久磁石の端面に接するように設けられた長穴部を周方向に分割し、「補助補強リブ」を設けている。特開 2 0 0 2 - 4 4 8 8 8 号公報は、回転子の変形の防止を意図したものである。

しかし、「補助補強リブ」にも磁束は流れるのであるから、「補助補強リブ」の位置によっては、却って音を増大させる場合もある。

上述のように、十分な永久磁石磁束を確保しつつ、また、アンバランス振動による音やスラスト力による音の弊害を発生せず、コギングトルクを低減することには必ずしも成功しているとはいえない。また、誘起電圧の特定の調波、例えば 5 次調波および 7 次調波に着目した対策とはなっておらず、特に負荷が大きい電動機の場合は、十分に音を低減できる構造ではなかった。

この発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、十分な磁束を確

保しつつ、磁束密度分布波形(誘起電圧波形)の特定の次元、例えば5次および7次を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力を発生させない電動機を提供することを目的としている。

5 発明の開示

請求項1の電動機は、回転子鉄心の内部に複数個の永久磁石を埋設してなるとともに、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層が、極間近傍で回転子表面近傍まで延び、かつ、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層の極中心寄りに、回転子表面近傍に第2の非磁性層を設け、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層および第2の非磁性層が、誘起電圧の n 次調波（ n は3以上の奇数）を相殺するべく配置されたものである。

請求項2の電動機は、 n 次調波として、3の倍数を除く3以上の奇数の15 次数の調波を採用するものである。

請求項3の電動機は、 n 次調波として、3の倍数を除く13以上の奇数の次数の調波を採用するものである。

請求項4の電動機は、 n 次調波として、5次調波または7次調波を採用するものである。

20 請求項5の電動機は、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の

周方向端部に連続または近接した非磁性層と、第2の非磁性層とを互いに独立させ、相互間には、回転子鉄心を介在させたものである。

請求項6の電動機は、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に接近した部分の、
 5 極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_1 、および、第2の非磁性層の、
 回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_2
 が、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta_1 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$10 \quad 180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta_1 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

15 であるものである。

請求項7の電動機は、角度 θ_1 が $0 < \theta_1 < 180 / (5 \cdot P_n)$ または $0 < \theta_1 < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、角度 θ_2 が、 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値または $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値であるものである。

20 請求項8の電動機は、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の

周方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 5$ 、および、第 2 の非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 6$ は、極対数を P_n としたとき、

$$5 \quad 0 < \theta 5 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

であり、

さらに、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に

- 10 連続または近接した非磁性層および第 2 の非磁性層と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変曲点を有し、それぞれの変曲点と、極間とのなす角度 $\theta 7$ 、 $\theta 8$ は、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta 7 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$15 \quad 180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であり、しかも角度 $\theta 5$ 、 $\theta 6$ 、 $\theta 7$ 、 $\theta 8$ の関係は、

$$\theta 7 < \theta 5 < \theta 8 < \theta 6$$

であるものである。

請求項 9 の電動機は、角度 $\theta 5$ は $0 < \theta 5 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、およ

- 20 び角度 $\theta 7$ は $0 < \theta 7 < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、角度 $\theta 6$ は $180 /$

$(5 \cdot P_n) \leq \theta_6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値、および角度 θ_8 は $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値であるものである。

請求項 10 の電動機は、前記各永久磁石として、半径方向に複数層に分割されてなるものを採用するものである。

請求項 11 の電動機は、前記各永久磁石として、半径方向に 2 層に分割されたものを採用し、回転子内周側における永久磁石の周囲方向端部、または、永久磁石の周囲方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_3 、および、
 10 回転子外周側における永久磁石の周囲方向端部、または、永久磁石の周囲方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_4 が、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta_3 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta_3 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

20 であるものである。

請求項 12 の電動機は、角度 θ_3 が $0 < \theta_3 < 180 / (5 \cdot P_n)$ または $0 < \theta_3 < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、角度 θ_4 が、 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値または $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値であるものである。

5 請求項 13 の電動機は、前記各永久磁石として、半径方向に 2 層に分割されたものを採用し、回転子内周側における永久磁石の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_9 、および、回転子外周側における永久磁石の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_{10} は、極対数を P_n としたとき、

10 $0 < \theta_9 < 180 / (5 \cdot P_n)$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_{10} \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

であり、

さらに、回転子内周側における永久磁石の周方向端部、または、永久磁石の
 15 周方向端部に連続または近接した非磁性層および回転子外周側における永久磁石の周方向端部、または、永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変曲点を有し、それぞれの変曲点と、極間とのなす角度 θ_{11} 、 θ_{12} は、極対数を P_n としたとき、

20 $0 < \theta_{11} < 180 / (7 \cdot P_n)$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_{12} \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であり、しかも角度 θ_9 、 θ_{10} 、 θ_{11} 、 θ_{12} の関係は、

$$\theta_{11} < \theta_9 < \theta_{12} < \theta_{10}$$

5 であるものである。

請求項 14 の電動機は、角度 θ_9 は $0 < \theta_9 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、角度 θ_{11} は $0 < \theta_{11} < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、 θ_{10} は $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_{10} \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値、角度 θ_{12} は $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_{12} \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値であるもので

10 ある。

なお、この明細書において、「極」は、略等間隔、等角度に配置される N 極または S 極を示す用語として使用され、「磁極」は、極の中で、永久磁石の磁束が主として流出する範囲を示す用語として使用される。

請求項 1 の電動機であれば、回転子鉄心の内部に複数個の永久磁石を埋
 15 設してなるとともに、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層が、極間近傍で回転子表面近傍まで延び、かつ、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層の極中心寄りに、回転子表面近傍に第 2 の非磁性層を設け、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連
 20 続または近接した非磁性層および第 2 の非磁性層が、誘起電圧の n 次調波 (n

は3以上の奇数)を相殺するべく配置されたのであるから、十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形(誘起電圧波形)の n 次を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力の発生を防止することができる。

請求項2の電動機であれば、 n 次調波として、3の倍数を除く3以上の奇数の次数の調波を採用するのであるから、十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形(誘起電圧波形)の3の倍数を除く3以上の奇数の次数の調波を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力の発生を防止することができる。

請求項3の電動機であれば、 n 次調波として、3の倍数を除く13以上の奇数の次数の調波を採用するのであるから、十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形(誘起電圧波形)の3の倍数を除く13以上の奇数の次数の調波を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力の発生を防止することができる。

請求項4の電動機であれば、 n 次調波として、5次調波または7次調波を採用するのであるから、十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形(誘起電圧波形)の5次または7次を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力の発生を防止することができる。

請求項5の電動機であれば、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層と、第2の非磁性層とを互いに独立させ、相互間には、回転子鉄心を介在させたのであるから、機械的

強度を高めることができるほか、請求項 4 と同様の作用を達成することができる。

- 請求項 6 の電動機であれば、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に接近した
- 5 部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 1$ 、および、第 2 の非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 2$ が、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta 1 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$10 \quad 180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta 1 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

- 15 であるから、対称性を考慮して、請求項 4 または請求項 5 と同様の作用を達成することができる。

- 請求項 7 の電動機であれば、角度 $\theta 1$ が $0 < \theta 1 < 180 / (5 \cdot P_n)$ または $0 < \theta 1 < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、角度 $\theta 2$ が、 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値または $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値であるから、静音化を達成
- 20

できるほか、請求項 4 または請求項 5 と同様の作用を達成することができる。

請求項 8 の電動機であれば、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_5 、および、第 2 の非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_6 は、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta_5 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

10 であり、

さらに、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層および第 2 の非磁性層と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変曲点を有し、それぞれの変曲点と、極間とのなす角度 θ_7 、 θ_8 は、極対数を P_n としたとき、

$$15 \quad 0 < \theta_7 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であり、しかも角度 θ_5 、 θ_6 、 θ_7 、 θ_8 の関係は、

$$\theta_7 < \theta_5 < \theta_8 < \theta_6$$

20 であるから、対称性を考慮して、請求項 4 または請求項 5 と同様の作用を達

成することができる。

請求項 9 の電動機であれば、角度 θ_5 は $0 < \theta_5 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、
 および角度 θ_7 は $0 < \theta_7 < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、角度 θ_6 は $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値、および角度
 5 θ_8 は $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値で
 あるから、静音化を達成できるほか、請求項 4 または請求項 5 と同様の作用
 を達成することができる。

請求項 10 の電動機であれば、前記各永久磁石として、半径方向に複数
 層に分割されてなるものを採用するのであるから、永久磁石を回転子内周側
 10 と回転子外周側とに複数に分割した場合であっても、請求項 1 から請求項 4
 の何れかと同様の作用を達成することができる。

請求項 11 の電動機であれば、前記各永久磁石として、半径方向に 2 層
 に分割されたものを採用し、回転子内周側における永久磁石の周囲方向端部、
 または、永久磁石の周囲方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子
 15 表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_3 、およ
 び、回転子外周側における永久磁石の周囲方向端部、または、永久磁石の周
 囲方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、
 極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_4 が、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta_3 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

20 かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta_3 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$5 \quad 180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であるので、対称性を考慮して、請求項 10 と同様の作用を達成することができる。

請求項 12 の電動機であれば、角度 θ_3 が $0 < \theta_3 < 180 / (5 \cdot P_n)$ または $0 < \theta_3 < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、角度 θ_4 が、
 10 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値または $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値であるので、静音化を達成できるほか、請求項 10 と同様の作用を達成することができる。

請求項 13 の電動機であれば、前記各永久磁石として、半径方向に 2 層に分割されたものを採用し、回転子内周側における永久磁石の、回転子表面
 15 に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_9 、および、回転子外周側における永久磁石の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_{10} は、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta_9 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$20 \quad 180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_{10} \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

であり、

さらに、回転子内周側における永久磁石の周方向端部、または、永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層および回転子外周側における永久磁石の周方向端部、または、永久磁石の周方向端部に連続または近接した非

- 5 磁性層と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変曲点を有し、それぞれの変曲点と、極間とのなす角度 θ_{11} 、 θ_{12} は、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta_{11} < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

10 $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_{12} \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$

であり、しかも角度 θ_9 、 θ_{10} 、 θ_{11} 、 θ_{12} の関係は、

$$\theta_{11} < \theta_9 < \theta_{12} < \theta_{10}$$

であるので、対称性を考慮して、請求項 10 と同様の作用を達成することができる。

- 15 請求項 14 の電動機であれば、角度 θ_9 は $0 < \theta_9 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、角度 θ_{11} は $0 < \theta_{11} < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、 θ_{10} は $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_{10} \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値、角度 θ_{12} は $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_{12} \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値であるので、静音化を達成できるほか、請求項 10 と同様の作用を達成するこ
20 とができる。

図面の簡単な説明

第 1 図は従来の電動機の一例を示す概略図である。

第 2 図は従来の電動機他の例を示す概略図である。

5 第 3 図は従来の電動機のさらに他の例を示す概略図である。

第 4 図は従来の電動機のさらに他の例を示す概略図である。

第 5 図は回転子表面の周方向の磁束密度分布を示す図である。

第 6 図はこの発明の電動機の第 1 の実施形態の回転子を示す概略図である。

10 第 7 図は回転子表面の磁束密度分布と非磁性層との関係を示す図である。

第 8 図は $\theta_2 = 23^\circ$ の場合における 5 次調波、7 次調波の θ_1 に対する特性を示す図である。

第 9 図は $\theta_1 = 6^\circ$ の場合における 5 次調波、7 次調波の θ_2 に対する特性を示す図である。

15 第 10 図は分布巻の固定子を示す概略図である。

第 11 図は集中巻の固定子を示す概略図である。

第 12 図は第 1 の実施形態の回転子の一変形例を示す概略図である。

第 13 図は第 1 の実施形態の回転子の他の変形例を示す概略図である。

第 14 図はこの発明の電動機の第 2 の実施形態の回転子を示す概略図である。

20 ある。

第 15 図は第 2 の実施形態の回転子の一変形例を示す概略図である。

第 16 図はこの発明の電動機の第 3 の実施形態の回転子を示す概略図である。

第 17 図は回転子表面の磁束密度分布を示す図である。

5 第 18 図は第 2 の非磁性層がない場合と、第 3 の実施形態の場合との、誘起電圧波形の比較を示す図である。

第 19 図は圧縮機用電動機として運転した場合の騒音の高調波成分を示す図である。

第 20 図は第 3 の実施形態の回転子の変形例を示す概略図である。

10 第 21 図はこの発明の電動機の第 4 の実施形態の回転子を示す概略図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、添付図面を参照して、この発明の電動機の実施の形態を詳細に説

15 明する。

なお、以下の実施形態においては、誘起電圧の 5 次調波および/または 7 次調波を相殺するようにした場合を説明するが、これら以外の調波を相殺できることはもちろんである。

先ず、電動機の一般例を説明する。

20 電動機の回転子表面の周方向の磁束密度分布は、極毎に対称である。ま

た、各極略同一形状であれば、極間においては、磁束密度がゼロとなる。

そのため、回転子表面の周方向の磁束密度分布は、1 極対を基本波とし、その奇数次を含むものとなる。例えば、単純な矩形波をフーリエ展開すると、第 5 図に示すように、3 次、5 次、7 次、9 次と、奇数次成分が基本波に重
5 畳されている。ここで 3 次、9 次といった、 $3n$ 次高調波加振力 ($n: 1, 2, 3, 4, \dots$) は同期し、6 極ある固定子では 6 角形共振モードといった、固定子極数と同数の共振モードをおこす。また、高次の共振モードは一般的に可聴領域を大きく超えており騒音になりにくい。

また、5 次、7 次は、1 1 次以上と比べると、振幅が大きく、音になり
10 やすく、また、周波数が低いため、遮断されにくい性質がある。そこで 5 次調波および 7 次調波に着目する。

5 次調波および 7 次調波を対策する際、以下の 2 点を前提とすればよい。

1) 回転子表面の磁束密度波形の対称性から、極間はどの次数も必ずゼロとなる。

15 2) 磁極の始まり等、磁束密度の変化が急激に開始する箇所においては、高次成分がゼロクロスとなり得る。

(第 1 の実施の形態)

以下、第 1 の実施の形態について図面を参照して説明する。

第 6 図はこの発明の電動機の第 1 の実施の形態の回転子の構成を示す概略

20 図である。

この回転子 1 は、回転子鉄心 2 の内部に複数個（本実施形態においては 4 極であり、4 個）の永久磁石 3 を埋設してなる。

また、各永久磁石 3 の周方向端部に連続した非磁性層 4（以下、「第 1 の非磁性層」という）が極間近傍で回転子表面近傍まで延びている。そして、
 5 第 1 の非磁性層 4 の極中心寄り、かつ、回転子表面近傍に、第 2 の非磁性層 5 を設けている。ここで、非磁性層は、貫通した穴であり、空気層である。

第 1 の非磁性層 4 および第 2 の非磁性層 5 は互いに独立し、相互間には、回転子鉄心からなる補助補強リブ 2 a が介在している。

また、第 1 の非磁性層 4 の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 1$ 、および、第 2 の非磁性層 5 の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 2$ は、極対
 10 数を P_n としたとき、

$$0 < \theta 1 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta 1 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

20 である。なお、以上の式は 5 次調波の低減または 7 次調波の低減に対応する

ものであり、 n 次調波（ n は3以上の奇数）の低減を行う場合には、5、7に代えて n を採用すればよい。以下の式についても同様である。

この実施形態では、極対数 $P_n = 2$ であり、5次調波の低減を図るものである場合には、上段の式を用いる。具体的には、 $\theta_1 = 9^\circ$ 、 $\theta_2 = 18^\circ$

5 とすればよい。

以下に、上記構成の電動機の音を低減する原理について説明する。

例えば、5次調波の低減を図るとともに、極対数が2であるので、 $\theta_1 = 0^\circ$ 、 $\theta_2 = 18^\circ$ であれば位相が 180° ずれ、互いに相殺する。しかしながら、永久磁石を回転子鉄心内部に埋め込んだ構造では、 $\theta_1 = 0^\circ$ は困難である。従って、対称性より、 $\theta_1 < 18^\circ$ であれば足りる。また、7次調波を低減する場合は、下段の式を用い、 $\theta_1 < 12.9^\circ$ 、 $12.9^\circ \leq \theta_2 \leq 25.7^\circ$ であれば足りる。このとき、トルクを最大にする為には、 θ_2 を可能な限り大きくし、永久磁石に鎖交する磁束を多くすればよい。

第7図に、この実施形態における回転子表面の磁束密度分布と、非磁性層4、5との関係を示す。非磁性層4、5のある部分では磁束密度は増加、または、減少しており、それ以外の部分では、磁束密度はほぼ一定である。従って、それぞれの非磁性層4、5の回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部から、磁束密度の変化が急峻となっている。従って、それぞれの点において、高次成分のゼロクロス点がくる。第2の非磁性層5の場合は、極間から、5/7次調波の1波長分に相当し、対称性から、ゼロクロス点は、

極間にくるものと考えられる。第1の非磁性層4の場合は、極間から5/7次調波の半波長であり、対称性から、ゼロクロス点は、極間にくるものと考えられる。したがって、互いの非磁性層4, 5による5/7次調波は半波長ずれているため、互いに相殺される。

- 5 第8図に、 $\theta_2 = 23^\circ$ の場合における5次調波、7次調波の θ_1 に対する特性を示し、第9図に、 $\theta_1 = 6^\circ$ の場合における5次調波、7次調波の θ_2 に対する特性を示している。

第8図、第9図から分かるように、角度 θ_1 、 θ_2 を上式のように定めることによって、5次調波、7次調波の高い低減効果を達成できる。

- 10 ここで、第1の非磁性層4および第2の非磁性層5と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部（以下「第1のブリッジ2b1」「第2のブリッジ2b2」と称する）の幅は一定であり、磁束の漏れ防止のため、小さくすることが望ましい。

- 15 また、第1の非磁性層4および第2の非磁性層5の間にも、磁路となる回転子鉄心(補助補強リブ)2aがあり、永久磁石の磁束が補助補強リブ2aを通るようにしなければ、十分な効果は得られない。

ここで、永久磁石と非磁性層はかならずしも連続してなくてもよく、僅かな距離をおいて近接していてもよい。

- 20 なお、本発明における固定子は、第10図に示すような分布巻でも、第11図に示すような集中巻でも良い。特に集中巻は5次調波、7次調波が特

に大きくなるため、この発明を適用することが効果的である。

第 1 2 図、第 1 3 図は第 6 図の変形例を示す概略図である。

第 1 2 図は、第 6 図の回転子の永久磁石の両側近傍に回転子鉄心 2c が存在する変形例であり、表面から出る磁束の高調波を相殺するように、第 1、

5 第 2 の非磁性層 6、7 を配置していれば、十分に効果がある。

第 1 3 図は、永久磁石層が回転子表面近傍まで存在する変形例であり、第 2 の非磁性層 8 が表面から出る磁束の高調波を相殺するように配置されていれば、同様に効果がある。ただし、この場合、永久磁石端部の磁石磁束が回転子法線方向に出ないように、永久磁石を着磁することが必要である。

10 (第 2 の実施の形態)

以下、第 2 の実施の形態について図面を参照して説明する。

第 1 4 図はこの発明の電動機の第 2 の実施の形態の回転子の構成を示す概略図である。

回転子 1 1 は、回転子鉄心 1 2 の内部に永久磁石が埋設されてなり、永久
15 久磁石 (1 3 : 回転子内周側の永久磁石、1 4 : 回転子外周側の永久磁石)
は各極毎に、半径方向に 2 層に分割されてなる。また、各永久磁石 1 3、1
4 の周方向端部 1 3 a、1 4 a が、極間近傍で回転子表面近傍まで延びている。

回転子内周側の永久磁石 1 3 および回転子外周側の永久磁石 1 4 の周方向端部 1 3 a、1 4 a は互いに独立し、相互間には、回転子鉄心からなるいわゆる q 軸磁束通路 1 2 a が介在する。
20

q 軸磁束通路 1 2 a の存在により、q 軸インダクタンス L_q が大きくできるので、リラクタンストルクを多く利用でき、また、回転子の大きさを増すことなく永久磁石の磁束を増やすことができる。

回転子内周側の永久磁石 1 3 の周方向端部 1 3 a の、極中心寄りの端部
 5 と、極間とのなす角度 θ_3 、および、転子外周側の永久磁石 1 4 の周方向端部 1 4 a の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_4 は、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta_3 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$10 \quad 180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta_3 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

15 である。

この実施形態では、極対数 $P_n = 2$ であり、5 次調波の低減を図ったものである。上段の式を用いる。具体的には、 $\theta_1 = 9^\circ$ 、 $\theta_2 = 18^\circ$ とすればよい。もちろん、7 次調波の低減を図る場合には、下段の式を用いればよい。

20 上記構成の電動機における音を低減する原理は第 1 の実施の形態と同様

であるので説明を省略する。

第 15 図はこの実施形態の変形例を示す概略図である。

この変形例は、湾曲した永久磁石に代えて平板状の永久磁石を採用している。

5 したがって、この変形例を採用した場合にも音を低減することができる。

(第 3 の実施の形態)

以下、第 3 の実施の形態について図面を参照して説明する。

第 16 図はこの発明の電動機の第 3 の実施の形態の回転子の構成を示す概略図である。

10 回転子 31 は、回転子鉄心 32 の内部に複数個（この実施形態においては 4 極であり、4 個）の永久磁石 33 を埋設してなる。

また、各永久磁石 33 の周力向端部に連続した非磁性層 34（以下、「第 1 の非磁性層」と称する）が、極間近傍で回転子表面近傍まで延びている。

また、第 1 の非磁性層 34 の極中心寄り、かつ、回転子表面近傍に第 2 の非
15 磁性層 35 を設けている。ここで、非磁性層は、貫通した穴であり、空気層である。

そして、第 1 の非磁性層 34 の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度を $\theta 5$ とし、第 2 の非磁性層 35 の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度を $\theta 6$ と
20 する。

第1の非磁性層34および第2の非磁性層35は互いに独立しており、相互間には、回転子鉄心からなる補助補強リブ32aが介在している。

さらに、第1の非磁性層34および第2の非磁性層35と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部（以下「第1のブリッジ32b1」「第2のブリッジ32b2」と称する）の幅には変曲点36a、36bを有し、それぞれの変曲点36a、36bと、極間とのなす角度 $\theta 7$ 、 $\theta 8$ 、および前記角度 $\theta 5$ 、 $\theta 6$ は、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta 5 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$0 < \theta 7 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

15 かつ

$$\theta 7 < \theta 5 < \theta 8 < \theta 6$$

である。

なお、この実施形態において、極対数 P_n は2であり、 $\theta 6 = 18^\circ$ 、 $\theta 8 = 12.9^\circ$ 、 $\theta 5 = 9^\circ$ 、 $\theta 7 = 6.4^\circ$ とした。

20 ここで、変曲点36a、36bとは、第1のブリッジ32b1および第2の

ブリッジ 3 2 b 2 の幅が一定である範囲 3 2 b 1 1、3 2 b 2 1 と、徐々に広がっている範囲 3 2 b 1 2、3 2 b 2 2 との交点であり、この点で、回転子表面の磁束密度分布の変化が急峻になる。

この実施形態における回転子表面の磁束密度分布を第 1 7 図に示す。

- 5 第 1 7 図および第 1 の実施の形態の説明から明らかなように、変曲点 3 6 a、3 6 b により 7 次調波が、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部、および、第 2 の非磁性層 3 5 の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部により 5 次調波が相殺されている。

- 10 第 1 8 図に、第 2 の非磁性層 3 5 がいない場合と、この実施形態の場合との、誘起電圧波形の比較を示し、表 1 に高調波成分の振幅の比較を示した。
また、圧縮機用電動機として運転した場合の騒音の高調波成分を第 1 9 図に示した。

表 1

15

誘起電圧	基本波に対する割合	
	非磁性層無し	非磁性層有り
5次調波	8.24	0.01
7次調波	2.68	0.03

- なお、非磁性層 3 4、3 5 の形状は、この実施の形態の形状に限るものではなく、例えば、第 2 0 図のように、ブリッジ 3 7 b 1、3 7 b 2 の幅が幅小部 3 7 b 1 1、3 7 b 2 1 と幅大部 3 7 b 1 2、3 7 b 2 2 とにわかれ、幅小部 3 7 b 1 1、3 7 b 2 1 と幅大部 3 7 b 1 2、3 7 b 2 2 との変化点を変曲点 3 8 a、
- 20

3 8 b とみなしても良い。

(第 4 の実施の形態)

以下、第 4 の実施の形態について図面を参照して説明する。

第 2 1 図はこの発明の電動機の第 4 の実施の形態の回転子の構成を示す

5 概略図である。

回転子 4 1 は、回転子鉄心 4 2 の内部に永久磁石が埋設されてなり、永久磁石 (4 3 : 回転子内周側の永久磁石, 4 4 : 回転子外周側の永久磁石) は各極毎に、半径方向に 2 層に分割されてなる。また、各永久磁石 4 3、4 4 の周方向端部 4 3 a、4 4 a が、極間近傍で回転子表面近傍まで延びている。

10 回転子内周側の永久磁石 4 3 および回転子外周側の永久磁石 4 4 の周方向端部 4 3 a、4 4 a は互いに独立し、相互間には、回転子鉄心からなるいわゆる q 軸磁束通路 4 2 a が介在している。

q 軸磁束通路 4 2 a の存在により、q 軸インダクタンス L_q が大きくできるので、リラクタンストルクを多く利用でき、また、回転子の大きさを増す

15 ことなく永久磁石の磁束を増やすことができる。

また、回転子内周側の永久磁石 4 3 の周方向端部 4 3 a が、極間近傍で回転子表面近傍まで延び、回転子外周側の永久磁石 4 4 の周方向端部 4 4 a も、極間近傍で回転子表面近傍まで延びている。ここで、永久磁石 4 3、4 4 の周方向端部 4 3 a、4 4 a には空気層等があってもよい。回転子内周側の

20 永久磁石 4 3 の周方向端部 4 3 a の極中心側の端部と、極間とのなす角度を

$\theta 9$ 、および、回転子外周側の永久磁石 44 の周方向端部 44a の極中心側の端部と、極間とのなす角度を $\theta 10$ とする。

さらに、回転子内周側の永久磁石 43 の周方向端部 43a および回転子外周側の永久磁石 44 の周方向端部 44a と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部（以下「第 1 のブリッジ 42b1」「第 2 のブリッジ 42b2」という）幅には変曲点 46a、46b を有し、それぞれの変曲点 46a、46b と、極間とのなす角度 $\theta 11$ 、 $\theta 12$ 、および前記角度 $\theta 9$ 、 $\theta 10$ は、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta 9 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

10 かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 10 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$0 < \theta 11 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 12 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$\theta 11 < \theta 9 < \theta 12 < \theta 10$$

である。

なお、この実施形態において、極対数 P_n は 2 であり、 $\theta 10 = 18^\circ$ 、

20 $\theta 12 = 129^\circ$ 、 $\theta 9 = 9^\circ$ 、 $\theta 11 = 6.4$ とした。

この実施の形態における音の低減作用については、第3の実施の形態と同様であるので説明を省略する。

- 請求項1の発明は、十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形(誘起電圧波形)の3以上の奇数の次数の調波を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力の発生を防止することができるという特有の効果を奏する。

請求項2の発明は、3の倍数を除く3以上の奇数の次数の調波を低減し、しかも請求項1と同様の効果を奏する。

請求項3の発明は、3の倍数を除く13以上の奇数の次数の調波を低減し、しかも請求項1と同様の効果を奏する。

- 10 請求項4の発明は、5次または7次の調波を低減し、しかも請求項2と同様の効果を奏する。

請求項5の発明は、機械的強度を高めることができるほか、請求項4と同様の効果を奏する。

- 15 請求項6の発明は、対称性を考慮して、請求項4または請求項5と同様の効果を奏する。

請求項7の発明は、静音化を達成できるほか、請求項4または請求項5と同様の効果を奏する。

請求項8の発明は、対称性を考慮して、請求項4または請求項5と同様の効果を奏する。

- 20 請求項9の発明は、静音化を達成できるほか、請求項4または請求項5

と同様の効果を奏する。

請求項 1 0 の発明は、永久磁石を回転子内周側と回転子外周側とに複数に分割した場合であっても、請求項 1 から請求項 4 の何れかと同様の効果を奏する。

- 5 請求項 1 1 の発明は、対称性を考慮して、請求項 1 0 と同様の効果を奏する。

請求項 1 2 の発明は、静音化を達成できるほか、請求項 1 0 と同様の効果を奏する。

- 10 請求項 1 3 の発明は、対称性を考慮して、請求項 1 0 と同様の効果を奏する。

請求項 1 4 の発明は、静音化を達成できるほか、請求項 1 0 と同様の効果を奏する。

請求の範囲

1. 回転子鉄心(2)(1 2)(3 2)(4 2)の内部に複数個の永久磁石(3)
(1 3)(1 4)(3 3)(4 3)(4 4)を埋設してなるとともに、各
永久磁石(3)(1 3)(1 4)(3 3)(4 3)(4 4)の周方向端部、
5 または、各永久磁石(3)(1 3)(1 4)(3 3)(4 3)(4 4)の周
方向端部に連続または近接した非磁性層(4)(3 4)が、極間近傍で
回転子表面近傍まで延び、かつ、各永久磁石(3)(1 3)(1 4)(3
3)(4 3)(4 4)の周方向端部、または、各永久磁石(3)(1 3)
(1 4)(3 3)(4 3)(4 4)の周方向端部に連続または近接した非
10 磁性層(4)(3 4)の極中心寄りに、回転子表面近傍に第2の非磁性
層(5)(3 5)を設け、各永久磁石(3)(1 3)(1 4)(3 3)(4
3)(4 4)の周方向端部、または、各永久磁石(3)(1 3)(1 4)
(3 3)(4 3)(4 4)の周方向端部に連続または近接した非磁性層
(4)(3 4)および第2の非磁性層(5)(3 5)が、誘起電圧のn
15 次調波(nは3以上の奇数)を相殺するべく配置されてあることを特
徴とする電動機。
2. n次調波は、3の倍数を除く3以上の奇数の次数の調波である請求項
1に記載の電動機。
3. n次調波は、3の倍数を除く13以上の奇数の次数の調波である請求
20 項2に記載の電動機。

4. n 次調波は、5 次調波または 7 次調波である請求項 2 に記載の電動機。

5. 各永久磁石 (3) (3 3) の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層 (4) (3 4) と、第 2 の非磁性層 (5) (3 5) とを互いに独立させてあり、相互間には、回転子鉄心 (2

5 a) (3 2 a) を介在させてある、請求項 4 に記載の電動機。

6. 各永久磁石 (3) の周方向端部、または、各永久磁石 (3) の周方向端部に連続または近接した非磁性層 (4) の、回転子表面に接近した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 1$ 、および、第 2 の非磁性層 (5) の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端

10 部と、極間とのなす角度 $\theta 2$ が、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta 1 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

15 $0 < \theta 1 < 180 / (7 \cdot P_n)$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

である、請求項 4 または請求項 5 に記載の電動機。

7. 角度 $\theta 1$ が $0 < \theta 1 < 180 / (5 \cdot P_n)$ または $0 < \theta 1 < 180$

20 $/ (7 \cdot P_n)$ であり、角度 $\theta 2$ が、 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq$

$180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値または $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta$
 $2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値である請求項 4 または請求項
 5 に記載の電動機。

8. 各永久磁石 (33) の周方向端部、または、各永久磁石 (33) の周
 5 方向端部に連続または近接した非磁性層 (34) の、回転子表面に近
 接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_5 、および、
 第 2 の非磁性層 (35) の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄
 りの端部と、極間とのなす角度 θ_6 は、極対数を P_n としたとき、
 $0 < \theta_5 < 180 / (5 \cdot P_n)$

10 かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

であり、

さらに、各永久磁石 (33) の周方向端部、または、各永久磁石 (3
 3) の周方向端部に連続または近接した非磁性層 (34) および第 2
 15 の非磁性層 (35) と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変
 曲点を有し、それぞれの変曲点と、極間とのなす角度 θ_7 、 θ_8 は、
 極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta_7 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

20 $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$

であり、しかも角度 $\theta 5$ 、 $\theta 6$ 、 $\theta 7$ 、 $\theta 8$ の関係は、

$$\theta 7 < \theta 5 < \theta 8 < \theta 6$$

である、請求項 4 または請求項 5 に記載の電動機。

9. 角度 $\theta 5$ は $0 < \theta 5 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、および角度 $\theta 7$ は $0 < \theta$

5 $7 < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、角度 $\theta 6$ は $180 / (5 \cdot P_n)$

$\leq \theta 6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値、および角度 $\theta 8$ は 180

$0 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値である

請求項 4 または請求項 5 に記載の電動機。

10. 前記各永久磁石 (13) (14) (43) (44) は、半径方向に複数

10 層に分割されてなるものである請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載の電動機。

11. 前記各永久磁石 (13) (14) は、半径方向に 2 層に分割され、回

転子内周側における永久磁石 (13) の周囲方向端部、または、永久

磁石 (13) の周囲方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転

15 子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ

3、および、回転子外周側における永久磁石 (14) の周囲方向端部、

または、永久磁石 (14) の周囲方向端部に連続または近接した非磁

性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間と

のなす角度 $\theta 4$ が、極対数を P_n としたとき、

20 $0 < \theta 3 < 180 / (5 \cdot P_n)$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta_3 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

5

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

である、請求項10に記載の電動機。

12. 角度 θ_3 が $0 < \theta_3 < 180 / (5 \cdot P_n)$ または $0 < \theta_3 < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、角度 θ_4 が、 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値または $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値である請求項11に記載の電動機。

10

13. 前記各永久磁石(43)(44)は、半径方向に2層に分割され、回転子内周側における永久磁石(43)の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_9 、および、回転子外周側における永久磁石(44)の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 θ_{10} は、極対数を P_n としたとき、

$$0 < \theta_9 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

20

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_{10} \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

であり、

さらに、回転子内周側における永久磁石 (43) の周方向端部、または、永久磁石 (43) の周方向端部に連続または近接した非磁性層お

5 よび回転子外周側における永久磁石 (44) の周方向端部、または、永久磁石 (44) の周方向端部に連続または近接した非磁性層と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変曲点を有し、それぞれの変曲点と、極間とのなす角度 θ_{11} 、 θ_{12} は、極対数を P_n としたとき、

$$10 \quad 0 < \theta_{11} < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_{12} \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であり、しかも角度 θ_9 、 θ_{10} 、 θ_{11} 、 θ_{12} の関係は、

$$\theta_{11} < \theta_9 < \theta_{12} < \theta_{10}$$

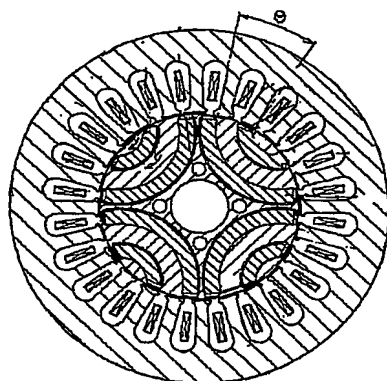
15 である、請求項 10 に記載の電動機。

14. 角度 θ_9 は $0 < \theta_9 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、角度 θ_{11} は $0 < \theta_{11} < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、 θ_{10} は $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_{10} \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値、角度 θ_{12} は $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_{12} \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値である請

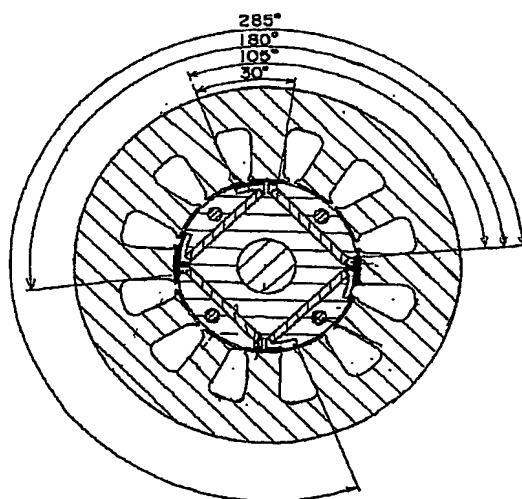
20 求項 13 に記載の電動機。

1/10

第 1 図

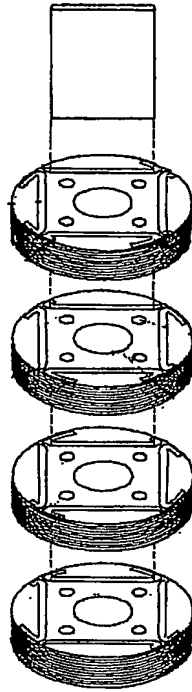


第 2 図

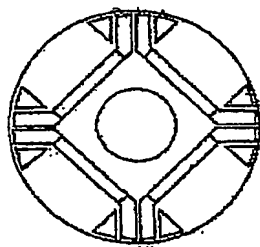


2/10

第 3 図

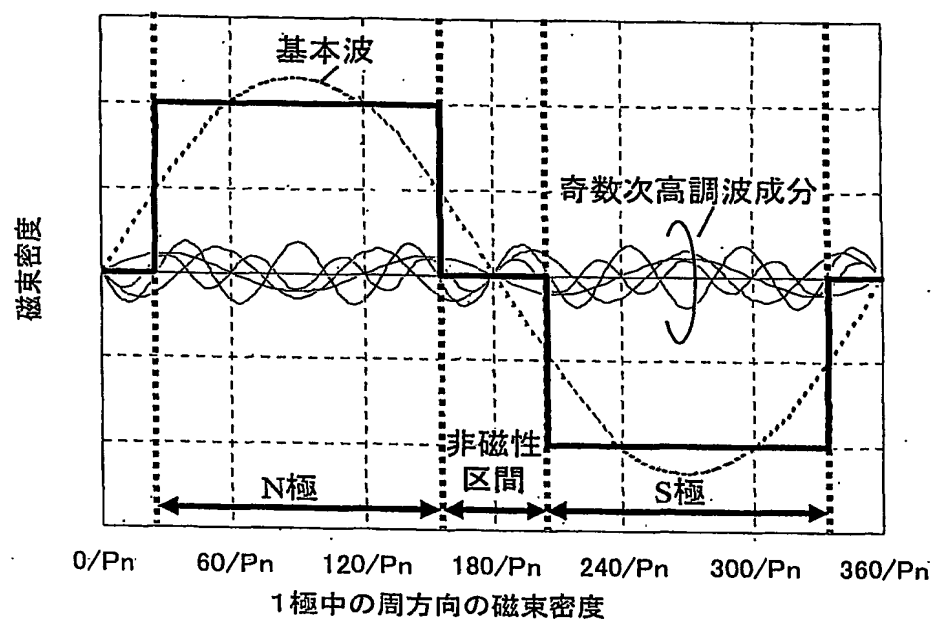


第 4 図

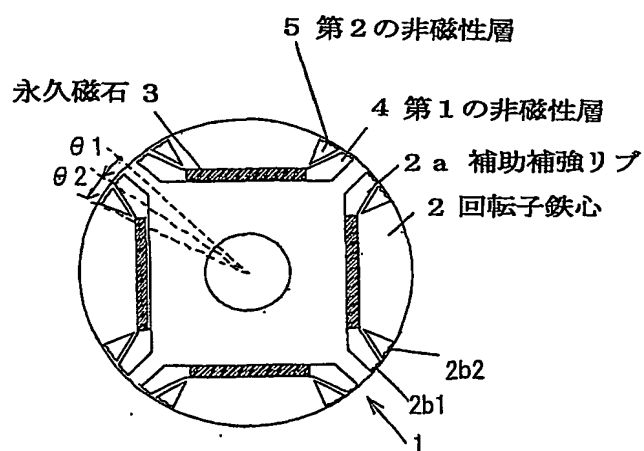


3/10

第 5 図

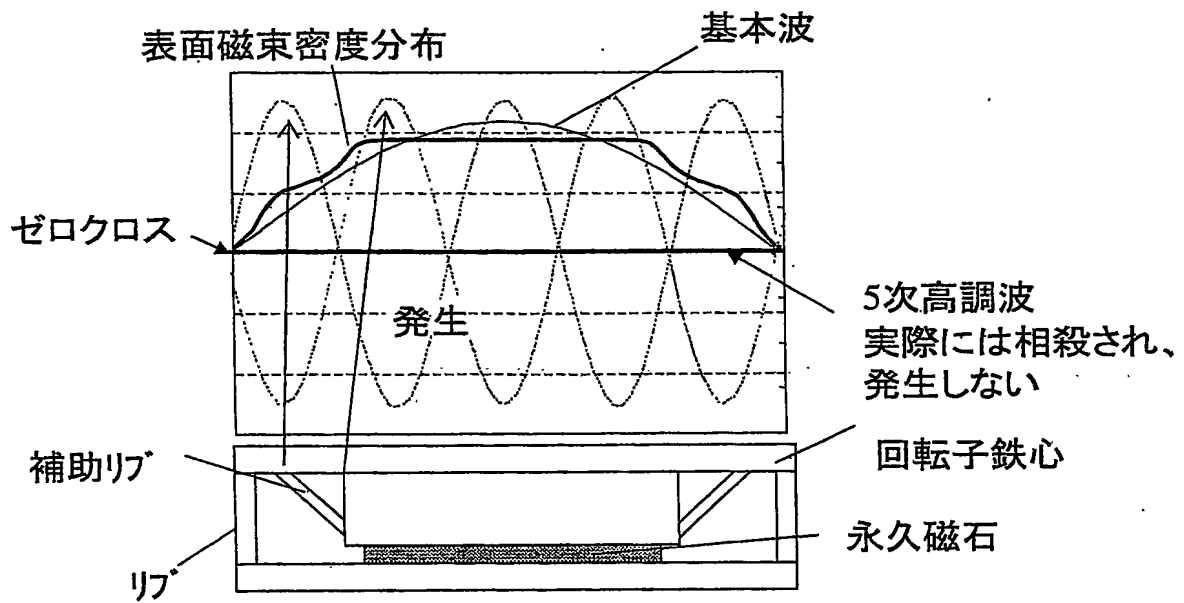


第 6 図

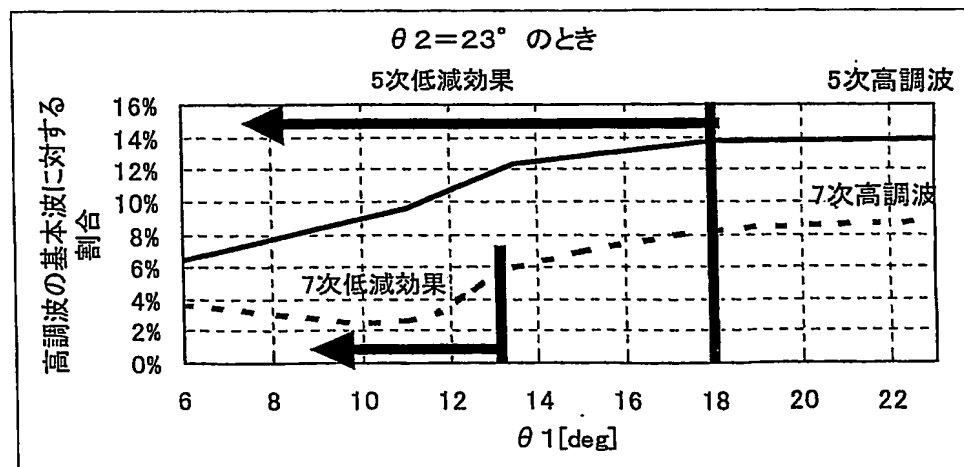


4/10

第 7 図

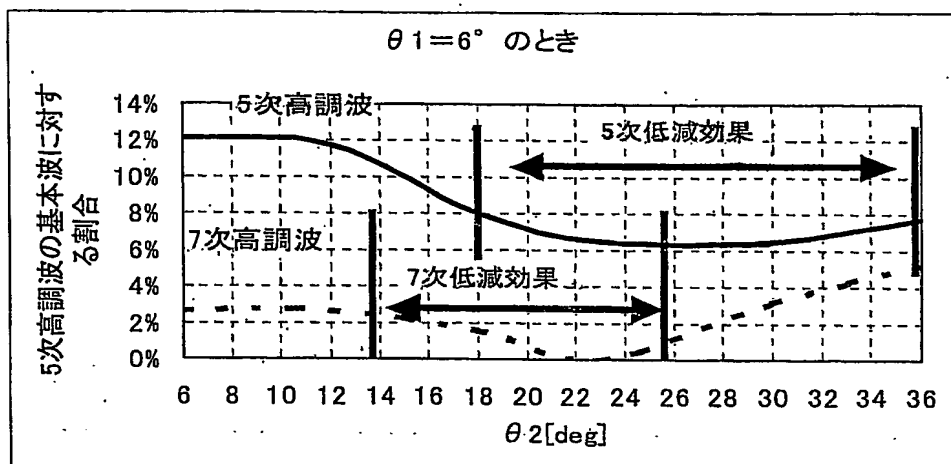


第 8 図

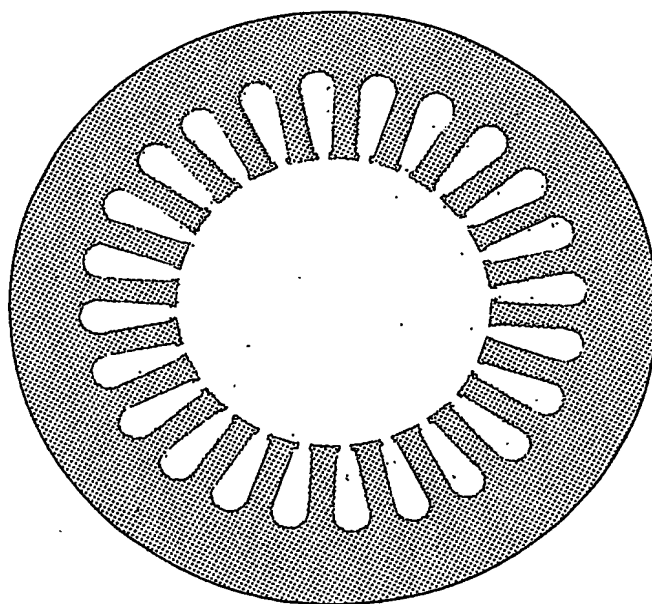


5/10

第 9 図

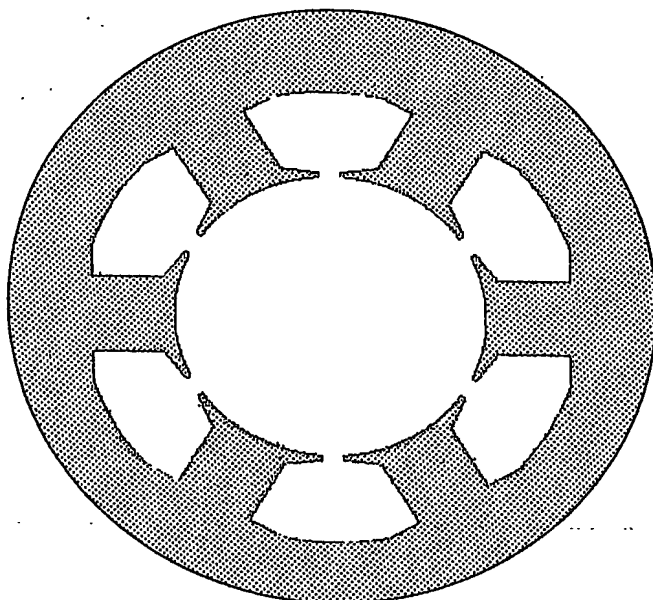


第 10図

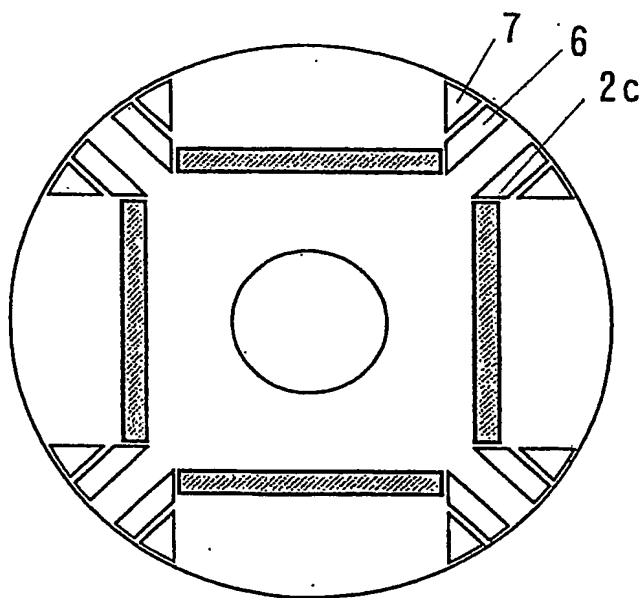


6/10

第 11 図

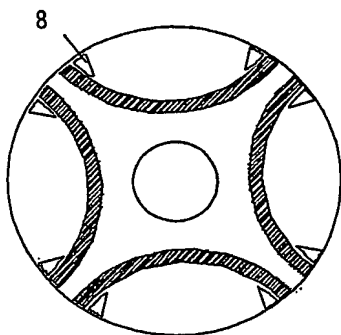


第 12 図

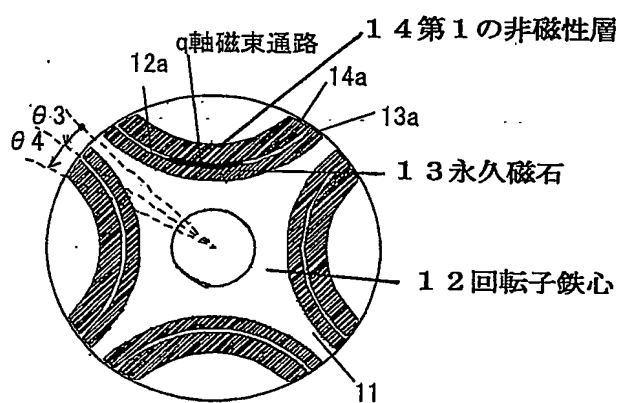


7/10

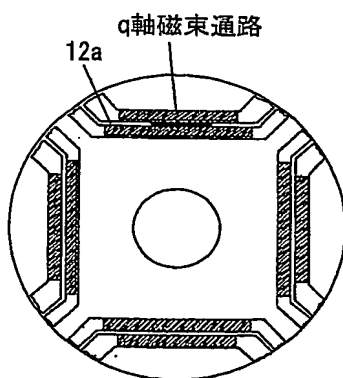
第 13 図



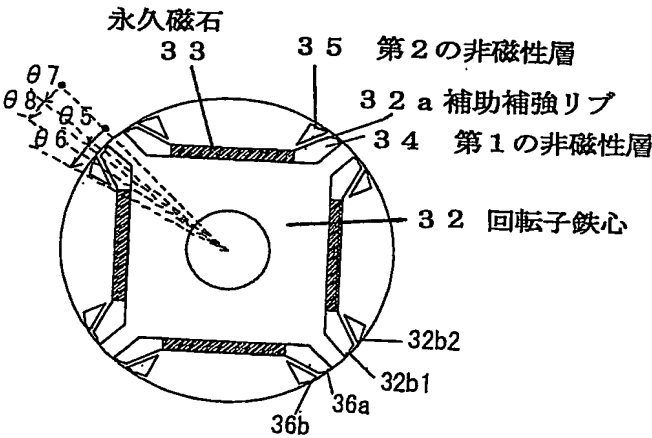
第 14 図



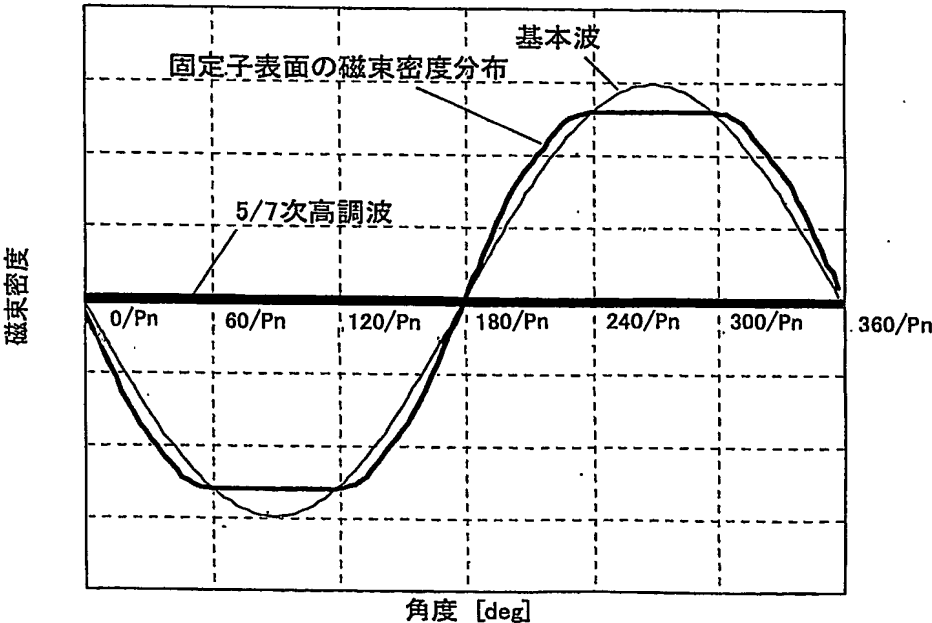
第 15 図



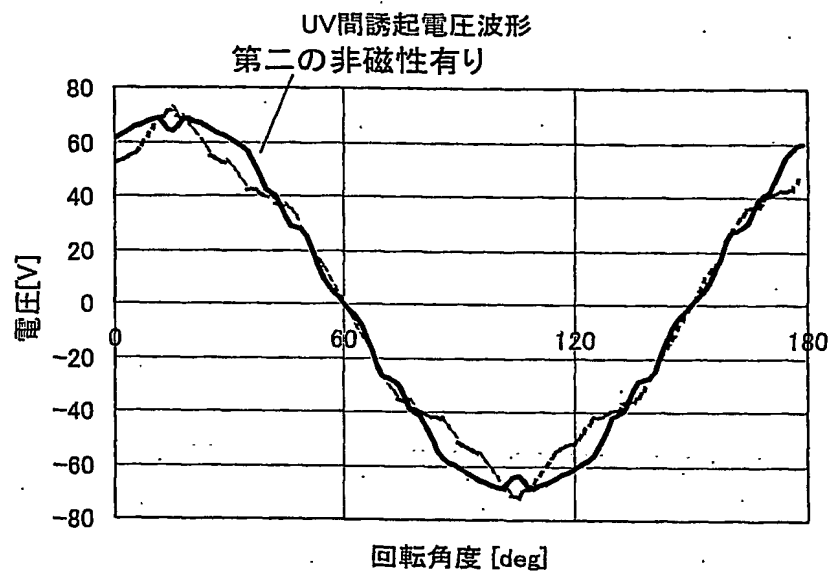
第 16 図



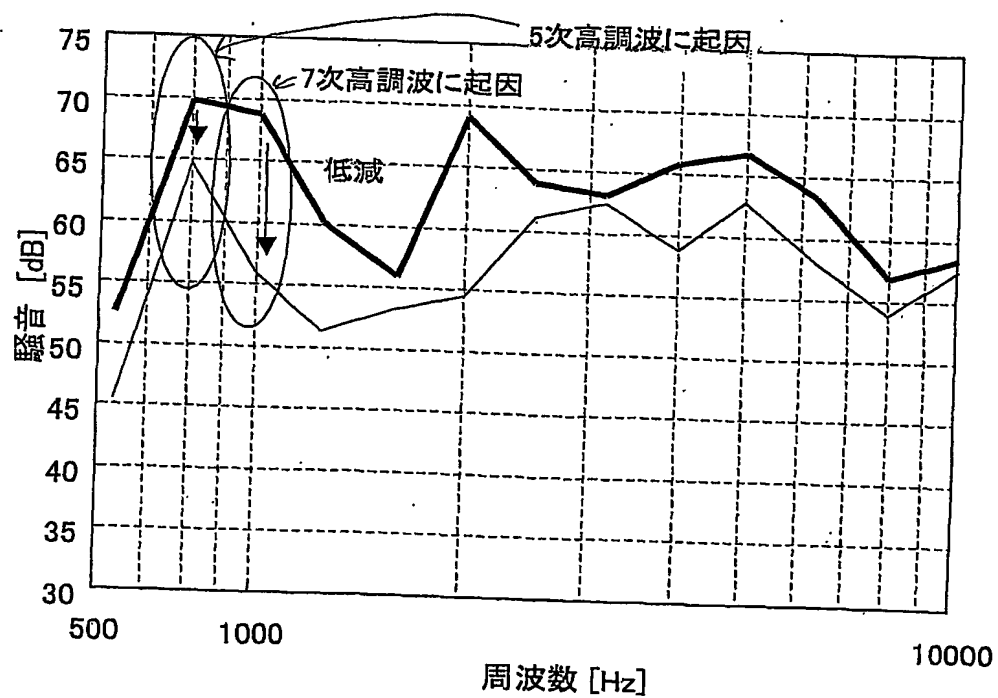
第 17 図



第 18 図

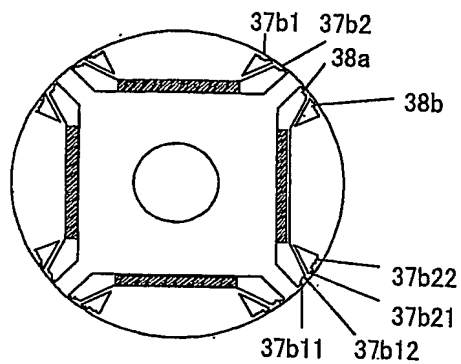


第 19 図

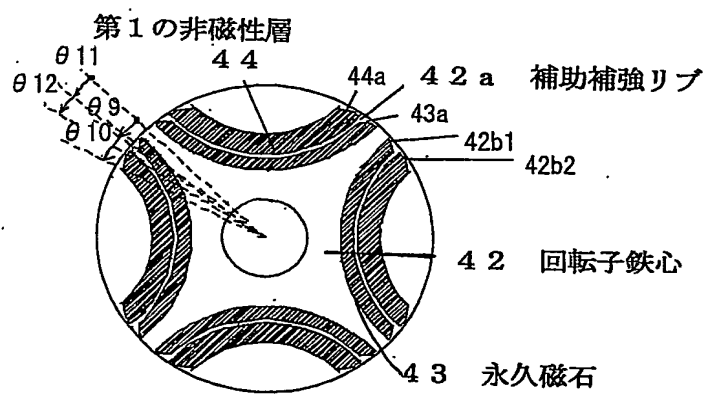


10/10

第 20 図



第 21 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009887

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H02K1/27

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H02K1/27

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2003-174794 A (Daikin Industries, Ltd.), 20 June, 2003 (20.06.03), All pages (Family: none)	1 2-14
Y	JP 2002-315243 A (Hitachi, Ltd.), 25 October, 2002 (25.10.02), All pages (Family: none)	2-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 October, 2004 (08.10.04)

Date of mailing of the international search report
26 October, 2004 (26.10.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H02K 1/27

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H02K 1/27

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996
日本国公開実用新案公報 1971-2004
日本国登録実用新案公報 1994-2004
日本国実用新案登録公報 1996-2004

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2003-174794 A (ダイキン工業株式会社), 20.06.2003, 全頁 (ファミリーなし)	1 2-14
Y	JP 2002-315243 A (株式会社日立製作所), 25.10.2002, 全頁 (ファミリーなし)	2-14

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
08.10.2004

国際調査報告の発送日
26.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/J.P.)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
三島木 英宏

3V 3018

電話番号 03-3581-1101 内線 3356